

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-217471

(43)Date of publication of application : 02.08.2002

(51)Int.Cl.

H01L 43/08  
G01R 33/09  
G11B 5/39  
H01L 27/105  
H01L 43/12

(21)Application number : 2001-010770

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 18.01.2001

(72)Inventor : SATO MASASHIGE  
KIKUCHI HIDEYUKI  
KOBAYASHI KAZUO

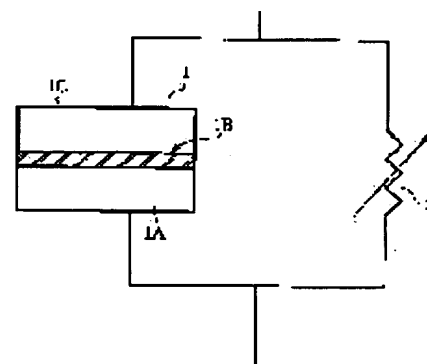
(54) FERROMAGNETIC TUNNEL JUNCTION ELEMENT AND METHOD FOR MANUFACTURING THE SAME

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To realize a ferromagnetic tunnel junction element, in which the tunnel resistance value is low by executing simple changes to the current passage of a ferromagnetic tunnel junction, regarding the ferromagnetic tunnel junction element, and to provide a method for manufacturing it.

SOLUTION: The ferromagnetic tunnel junction element, having a laminated structure composed of a lower-part ferromagnetic layer 1A, an insulation layer 1B and an upper-part ferromagnetic layer 1C is provided with a tunnel current passage composed of the insulation layer 1B, sandwiched between the ferromagnetic layers 1A, 1C and a parallel DC resistance 2, as a current passage which is formed in parallel with the tunnel current passage.

強磁性トンネル接合素子の要部説明図



1: 強磁性トンネル接合  
1A: 下部強磁性層  
1B: 絶縁層  
1C: 上部強磁性層  
2: 並列直流抵抗

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-217471

(P2002-217471A)

(43)公開日 平成14年 8 月 2 日(2002. 8. 2)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード <sup>*</sup> (参考)
H 0 1 L 43/08		H 0 1 L 43/08	Z 2 G 0 1 7
G 0 1 R 33/09		G 1 1 B 5/39	5 D 0 3 4
G 1 1 B 5/39		H 0 1 L 43/12	5 F 0 8 3
H 0 1 L 27/105		G 0 1 R 33/06	R
43/12		H 0 1 L 27/10	4 4 7
審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 5 頁)			

(21)出願番号 特願2001-10770(P2001-10770)

(22)出願日 平成13年 1 月18日(2001. 1. 18)

(71)出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番  
1 号

(72)発明者 佐藤 雅重

神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番  
1 号 富士通株式会社内

(72)発明者 菊地 英幸

神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番  
1 号 富士通株式会社内

(74)代理人 100105337

弁理士 眞鍋 潔 (外 3 名)

最終頁に続く

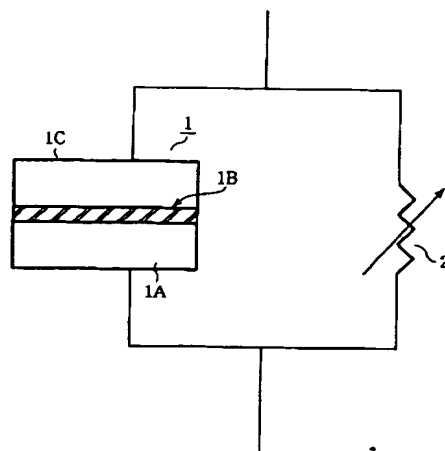
(54)【発明の名称】 強磁性トンネル接合素子及びその製造方法

(57)【要約】

【課題】 強磁性トンネル接合素子及びその製造方法に関し、強磁性トンネル接合の電流路に簡単な改変を施すことで、トンネル抵抗値が低い強磁性トンネル接合素子を実現しようとする。

【解決手段】 下部強磁性層 1 A／絶縁層 1 B／上部強磁性層 1 C からなる積層構造をもつ強磁性トンネル接合素子に於いて、該強磁性層 1 A 及び 1 C に挟まれた絶縁層 1 D からなるトンネル電流路及び該トンネル電流路に並列に形成された電流路である並列直流抵抗 2 を備える。

強磁性トンネル接合素子の要部説明図



1: 強磁性トンネル接合  
1A: 下部強磁性層  
1B: 絶縁層  
1C: 上部強磁性層  
2: 並列直流抵抗

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】強磁性層／絶縁層／強磁性層からなる積層構造をもつ強磁性トンネル接合素子に於いて、該強磁性層に挟まれた該絶縁層からなるトンネル電流路及び該トンネル電流路に並列に形成された電流路を備えてなることを特徴とする強磁性トンネル接合素子。

【請求項2】前記絶縁層からなるトンネル電流路に並列に形成された電流路が直流抵抗を含む回路であることを特徴とする請求項1記載の強磁性トンネル接合素子。

【請求項3】前記絶縁層からなるトンネル電流路の抵抗と前記直流抵抗との抵抗比が可変であることを特徴とする請求項1 10 或いは2記載の強磁性トンネル接合素子。

【請求項4】前記絶縁層からなるトンネル電流路に並列に形成された電流路が前記絶縁層に形成されたピンホールであることを特徴とする請求項1記載の強磁性トンネル接合素子。

【請求項5】酸化することで絶縁物となる材料及び酸化しても導電性を失わない材料の混合物からなる層を下部強磁性層上に成膜する工程と、該混合物からなる層を酸化処理して該導電材料からなる 20 ピンホールを含む絶縁層に変換する工程とが含まれてなることを特徴とする強磁性トンネル接合素子の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、高密度磁気記録の読み出しヘッド、磁場感知用のセンサ、磁気メモリなどとして有用な強磁性トンネル接合素子及びその製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】金属層／絶縁体層／金属層からなる積層構造をもつ接合に於いて、絶縁体層が2～3〔Å〕乃至20～30〔Å〕程度の薄層である場合、上下両面の金属層間に電圧を印加すると僅かな電流が流れる。

【0003】この電流はトンネル電流と呼ばれ、また、その現象は、トンネル効果と呼ばれていて、量子力学的に説明される。

【0004】前記積層構造に於いて、上下両面の金属層を強磁性体に代替し、強磁性層／絶縁層／強磁性層からなる積層構造をもつ接合を強磁性トンネル接合と呼び、その積層構造は周知であるから図示しないが、要すれば、「日経エレクトロニクス2000年6月5日号 第168頁乃至第172頁」、を参照されるとよい。

【0005】その強磁性トンネル接合に於けるトンネル電流の大きさは、上下両面の強磁性層に於ける磁化状態に依存することが知られ、両強磁性層に於ける磁化の方向が同じ向きである場合に最も大きいトンネル電流が流れ、そして、前記磁化の方向が反対の向きである場合にトンネル電流は最も小さくなる。

【0006】この理由は、強磁性体内の伝導電子が分極 50

していて、電子がこの分極を維持したままトンネルすることに起因すると説明され、アップ（up）方向に分極した電子はアップ状態にしかトンネルできず、ダウン（down）方向に分極した電子はダウン状態にしかトンネルできない。

【0007】絶縁層を挟んだ両強磁性層の磁化方向が同じである場合、同じ状態から同じ状態にトンネルできる為、トンネル確率が高く、大きなトンネル電流が流れるのであるが、前記磁化方向が逆の場合、アップ電子とダウン電子のトンネル先の状態に空きがなければトンネルすることができず、従って、トンネル確率は低く、トンネル電流は小さくなる。

【0008】前記磁化方向に依存する現象を抵抗値で表すと、磁化方向が同じである場合の抵抗を $R_0$ 、反対である場合の抵抗を $R_1$ とした場合、抵抗変化率MRは、 $MR = (R_1 - R_0) / R_0 \times 100$ 〔%〕の式で表される。

【0009】強磁性層としてCo、Fe、Ni等の強磁性金属を用いた場合、抵抗変化率MRとして20〔%〕～60〔%〕程度の値が得られる旨が理論的に予測され、また、実験的にもそれに近い値が得られている。

【0010】この抵抗変化率MRは、従来の異方性磁気抵抗効果（AMR）、或いは、巨大磁気抵抗効果（GMR）と比較して大きいことから、次世代の磁気センサとして位置付けられ、ハードディスクドライブの読み取りヘッド、磁気メモリなどへの応用が期待されている。

【0011】前記したように、強磁性トンネル接合は極めて大きい抵抗変化を実現することができるのであるが、同時に非常に大きい抵抗値を示す。その理由は、絶縁層を介して電子がトンネルする確率が非常に小さいことに起因している。

【0012】このような強磁性トンネル接合を磁気センサとして用いた場合、抵抗値が大きいことに依ってノイズが大きくなり、良好なSNを得ることができない。また、磁気ヘッドのように高い周波数の信号を扱う場合には、抵抗と浮遊容量とがロー・パス・フィルタを構成して信号の転送に障害を与えることがある。

【0013】従って、抵抗値が低い強磁性トンネル接合を実現することは重要であり、その抵抗値を低くするには、絶縁障壁を小さくすれば良いのであるが、然しながら、絶縁層を薄くすると、絶縁層に依る下部磁性層のカバレッジが悪くなり、上部磁性層と下部磁性層との間で短絡を生ずる。

## 【0014】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、強磁性トンネル接合の電流路に簡単な改変を施すことで、トンネル抵抗値が低い強磁性トンネル接合素子を実現しようとする。

## 【0015】

【課題を解決するための手段】本発明では、強磁性層／

絶縁層／強磁性層からなる積層構造をもつ強磁性トンネル接合と並列に電流パスを付加して総合的に抵抗値を低減させることが基本になっている。

【0016】具体的には強磁性トンネル接合に外部回路を並設するか、或いは、強磁性トンネル接合に於ける絶縁層に故意にピンホールを形成する。

【0017】前記手段を採ることに依り、強磁性トンネル接合素子の抵抗値を実質的に低減させることが可能となり、従って、ノイズは低減されて良好なS/Nを実現することができ、また、高周波信号の転送速度を十分に高く維持することができ、更にまた、ピンホール部分に巨大磁気抵抗効果を生成させることもできるので抵抗変化自体の減少は小さい。

【0018】

【発明の実施の形態】実施の形態1

図1は本発明に依る強磁性トンネル接合素子を表す要部説明図であり、図に於いて、1は強磁性トンネル接合、2は並列直流抵抗をそれぞれ示している。

【0019】強磁性トンネル接合1は下部強磁性層1 \*

ジョンソン・ノイズ： $v^2 = 4 k_B T R B$

$k_B$ ：ボルツマン定数

T：温度

R：強磁性トンネル接合素子の抵抗

B：周波数帯域（バンド幅）

ショット・ノイズ： $v^2 = 2 e R V B$

V：強磁性トンネル接合に加わる電圧

で表される。

【0023】並列直流抵抗2に於いては、熱雑音であるジョンソン・ノイズのみである為、強磁性トンネル接合素子全体から見たノイズは、強磁性トンネル接合1のみ

【0024】次に、転送速度について考察すると、強磁性トンネル接合素子から伝送路を介して信号が伝わる場合、そこには必ず浮遊容量が存在し、磁気ヘッドの場合、浮遊容量は1[pF]～10[pF]程度と考えられる。

【0025】強磁性トンネル接合素子に於ける素子抵抗R及び浮遊容量Cの関係から、この伝送路のカット・オフ周波数fは、

$$f = 1 / 2 \pi R C$$

で与えられ、素子抵抗Rが例えば100[Ω]～200[Ω]、そして、浮遊容量が例えば5[pF]であれば、カット・オフ周波数は320[MHz]～160[MHz]程度となる為、ハード・ディスクのように高速転送を必要とする場合には、浮遊容量C或いは素子抵抗Rを低減させることが重要であり、本発明の場合は、素子抵抗Rを小さくすることができるので、転送速度を大きくすることができる。

【0026】実施の形態2

図2は実施の形態2である強磁性トンネル接合素子を表

\* A、絶縁層1B、上部強磁性層1Cで構成され、また、並列直流抵抗2は可変抵抗になっている。

【0020】図示の強磁性トンネル接合素子に於ける素子抵抗Rは、強磁性トンネル接合1のトンネル抵抗を $R_t$ 、並列直流抵抗2の抵抗を $R_p$ として、

$$R = R_t \times R_p / (R_t + R_p)$$

で与えられるので、抵抗 $R_p$ を接続することで強磁性トンネル接合素子の抵抗値は低減される。

【0021】強磁性トンネル接合1に於けるトンネル抵抗の値は、絶縁層1Bの特性に依って決まり、その厚さが1原子層程度変化しただけでも大きな影響を受けるので、並列直流抵抗2を可変にすることで、トンネル抵抗値のばらつきを補正することが可能である。

【0022】実施の形態1の強磁性トンネル接合素子に於けるノイズについて考察すると、強磁性トンネル接合1に於いては、熱雑音であるジョンソン・ノイズ及び量子雑音であるショット・ノイズが存在し、その大きさは、

す要部切断側面図であり、図1に於いて用いた記号と同じ記号は同部分を表すか或いは同じ意味を持つものとし、1Dは非磁性導電層からなるピンホールを示している。

【0027】実施の形態2では、絶縁層1Bに意図的にピンホール1Dを生成させ、実施の形態1に於ける並列直流抵抗2と同等の役割を果たすようにしているものであるが、前記したように、ピンホール1Dの実態は非磁性導電層であって、実際の針孔ではなく、下部強磁性層1A及び上部強磁性層1Cは非磁性導電層に依って磁気的には切り離されているので、下部強磁性層1A及び上部強磁性層1Cの磁気特性が干渉することはない。

【0028】実施の形態2に於ける絶縁層1Bの構造は、絶縁材料に導電材料を混入することで実現することができ、例えば、酸化アルミニウムとCuを混合して作製したターゲットを用いるスパッタリング法を適用して絶縁層1Bを成膜することで実現される。

【0029】この場合、材料として酸化アルミニウムとCuに限られることなく、ピンホール材料（導電性材料）としてはAu、Ru、Pt、Agなどの遷移金属を、そして、絶縁材料としては、Hf、Taなどをそれぞれ用いて良い。

【0030】実施の形態3

A1のように酸化したときに絶縁化する材料、及び、Cuのように酸化しても導電性を示す材料の混合物をター

ゲットとしてスパッタリング法を適用することに依って前記混合物層を成膜し、次いで、酸化性雰囲気中に於いて混合物層を表面酸化してピンホール1Dを含んだ絶縁層1Bを生成させる。

【0031】前記酸化の手段としては、酸素中で自然酸化させたり、酸素プラズマで酸化させるなどの方法を採用することができ、必要に応じて適切な手段を選択すれば良く、また、この場合も酸化することで絶縁化する材料としてAlの他にHf、Taなどを用いることができ、また、導電性を示す材料としてCuの他にAu、Ru、Pt、Agを用いることができる。

#### 【0032】実施の形態4

通常、ピンホール1Dは下部強磁性層1A及び上部強磁性層1Cの磁化方向に依存することなく一定の抵抗値をもつ為、強磁性トンネル効果に依る抵抗変化は全体として見た場合には小さくなってしまふ。

【0033】然しながら、実施の形態2及び3に於いて、導電性材料に特にCu或いはAuなど、いわゆる巨大磁気抵抗効果(giant magnetoresistance: GMR)を示す材料を用いることで、ピンホール1Dの部分でも抵抗変化を発生させることができる。

【0034】その場合、電流が垂直方向に流れる、いわゆるCPP(current perpendicular to the plane)モードによるGMRであることから、面内の抵抗変化はより大きく、10[%]以上の変化を得ることができ、従って、ピンホール1Dをもつにも拘わらず、抵抗変化が大きい素子を実現することができる。

【0035】(付記1)強磁性層／絶縁層／強磁性層からなる積層構造をもつ強磁性トンネル接合素子に於いて、該強磁性層に挟まれた該絶縁層からなるトンネル電流路及び該トンネル電流路に並列に形成された電流路を備えてなることを特徴とする強磁性トンネル接合素子。

【0036】(付記2)前記絶縁層からなるトンネル電流路に並列に形成された電流路が直流抵抗を含む回路であることを特徴とする(付記1)記載の強磁性トンネル接合素子。

【0037】(付記3)前記絶縁層からなるトンネル電流路の抵抗と前記直流抵抗との抵抗比が可変であることを特徴とする(付記1)或いは(付記2)記載の強磁性トンネル接合素子。

【0038】(付記4)前記絶縁層からなるトンネル電流路に並列に形成された電流路が前記絶縁層に形成されたピンホールであることを特徴とする(付記1)記載の強磁性トンネル接合素子。

【0039】(付記5)前記絶縁層に非磁性導電材料からなるピンホールが分布してなることを特徴とする(付記4)記載の強磁性トンネル接合素子。

【0040】(付記6)非磁性導電材料が巨大磁気抵抗効果を生成する材料であることを特徴とする(付記5)記載の強磁性トンネル接合素子。

【0041】(付記7)酸化することで絶縁物となる材料及び酸化しても導電性を失わない材料の混合物からなる層を下部強磁性層上に成膜する工程と、該混合物からなる層を酸化処理して該導電材料からなるピンホールを含む絶縁層に変換する工程とが含まれてなることを特徴とする強磁性トンネル接合素子の製造方法。

【0042】(付記8)酸化することに依って絶縁物となる材料と容易に酸化しない導電性材料との混合物からなる層を下部強磁性層上に成膜する工程と、該混合物からなる層を酸化処理して該導電材料からなるピンホールを含む絶縁層に変換する工程とが含まれてなることを特徴とする強磁性トンネル接合素子の製造方法。

#### 【0043】

【発明の効果】本発明に依る強磁性トンネル接合素子及びその製造方法に於いては、強磁性層(例えば下部強磁性層1A)／絶縁層(例えば絶縁層1B)／強磁性層(例えば上部強磁性層1C)からなる積層構造をもつ強磁性トンネル接合素子に於いて、該強磁性層に挟まれた該絶縁層からなるトンネル電流路及び該トンネル電流路に並列に形成された電流路(例えば並列直流抵抗2、或いは、ピンホール1D)を備える。

【0044】前記構成を採用することに依り、強磁性トンネル接合素子の抵抗値を実質的に低減させることが可能となり、従って、ノイズは低減されて良好なSNを実現することができ、また、高周波信号の転送速度を十分に高く維持することができ、更にまた、ピンホール部分に巨大磁気抵抗効果を生成させることもできるので抵抗変化自体の減少は小さい。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】強磁性トンネル接合素子を表す要部説明図である。

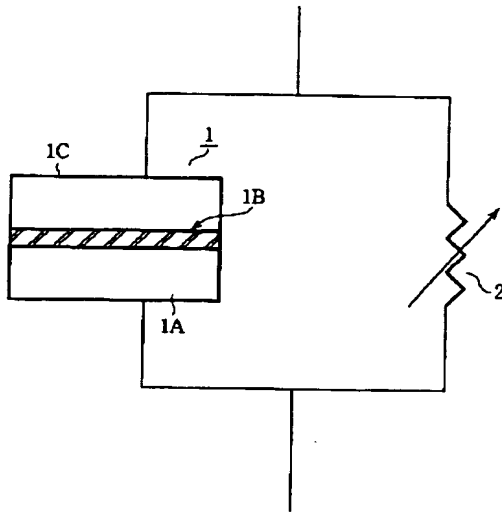
【図2】実施の形態2である強磁性トンネル接合素子を表す要部切断側面図である。

#### 【符号の説明】

- 1 強磁性トンネル接合
- 1A 下部強磁性層
- 1B 絶縁層
- 1C 上部強磁性層
- 1D ピンホール
- 2 並列直流抵抗

【図1】

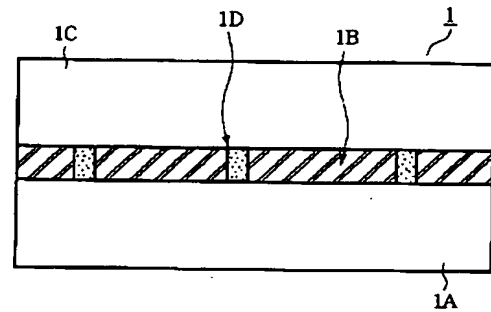
強磁性トンネル接合素子の要部説明図



1: 強磁性トンネル接合  
 1A: 下部強磁性層  
 1B: 絶縁層  
 1C: 上部強磁性層  
 2: 並列直流抵抗

【図2】

強磁性トンネル接合素子の要部切断側面図



1: 強磁性トンネル接合  
 1A: 下部強磁性層  
 1B: 絶縁層  
 1C: 上部強磁性層  
 1D: ピンホール

フロントページの続き

(72)発明者 小林 和雄  
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
 1号 富士通株式会社内

Fターム(参考) 2G017 AA01 AB07 AD54 AD65 BA10  
 5D034 BA03 BA15 DA07  
 5F083 FZ10